

# ANÁLISIS DE LOS ARGUMENTOS ELABORADOS POR ESTUDIANTES DE CURSOS INTRODUCTORIOS DE FÍSICA UNIVERSITARIA ANTE SITUACIONES PROBLEMÁTICAS PERTENECIENTES AL ÁMBITO DE LA INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

José Manuel Almudí García, Mikel Ceberio Garate, José Luis Zubimendi Herranz  
*UPV/EHU*

**RESUMEN:** En esta comunicación nos planteamos analizar los argumentos esgrimidos por estudiantes de cursos introductorios de física, a nivel universitario, en el ámbito de lo que se denomina ‘resolución de problemas’. Utilizaremos el término “argumento” para describir la estructura que los estudiantes crean para articular y justificar sus conclusiones o explicaciones. En consonancia con lo anterior, el objetivo fundamental de este trabajo es el de analizar la calidad de los argumentos utilizados por los estudiantes que siguen una ‘enseñanza tradicional’, cuando se enfrentan al intento de resolver una situación problemática en el contexto de la Inducción Electromagnética. El marco teórico por el que hemos optado para hacer el estudio, es el de Sampson et al. (2011). Se aportarán evidencias de los resultados del análisis del estudio realizado con estudiantes de primer curso de Ingeniería.

**PALABRAS CLAVE:** Argumentación, inducción electromagnética, enseñanza de la física en la universidad.

## OBJETIVOS

La investigación teórica y empírica en didáctica de las ciencias, ha mostrado la importancia del papel que juega la generación y evaluación de argumentos en la enseñanza de las ciencias (Osborne, 2002; Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007). El análisis de los argumentos de los estudiantes puede aportar importante información acerca de: la comprensión de los contenidos científicos alcanzada por los estudiantes, su razonamiento científico, los aspectos epistemológicos (por ejemplo, qué cuenta como justificación en ciencias) y finalmente la habilidad de los estudiantes para comunicar y justificar ideas.

Por otro lado, los resultados de la investigación en resolución de problemas han mostrado los límites de la enseñanza tradicional en este ámbito.

---

En esta comunicación, nos planteamos los siguientes objetivos:

Analizar la calidad de los argumentos utilizados por los estudiantes que siguen la enseñanza tradicional en primer curso de Ingeniería, cuando se enfrentan a la valoración del proceso de inducción electromagnética en el contexto de una situación problemática, para ello estudiaremos:

- Si la explicación es apropiada.
- La calidad conceptual de dicha explicación.
- La calidad de la evidencia utilizada
- La suficiencia del razonamiento que permita comprobar si sus conclusiones se encuentran validadas por la coherencia de sus justificaciones.

## MARCO TEÓRICO

Una parte muy significativa de la literatura en argumentación en enseñanza de las ciencias se ha fundamentado en el trabajo de Toulmin (1958). Sampson et al. (2011), posteriormente, plantean un marco de análisis de la calidad de los argumentos inspirado en el modelo de Toulmin y en consonancia con otros investigadores en enseñanza de las ciencias (por ejemplo, Osborne et al. 2004).

De la valoración de los postulados de los investigadores citados, podríamos afirmar que existe entre ellos un cierto consenso en que, para explorar la calidad de los argumentos empleados por los estudiantes, hay que atender a: a) lo apropiado de la explicación, que debe ser correcta, b) la calidad conceptual de la explicación, que debe considerar las leyes y principios de la materia, c) la calidad de la evidencia, que tiene que ser adecuada y suficiente y d) la suficiencia del razonamiento, que debe justificar que la evidencia soporta la explicación. Son precisamente estos aspectos los que hemos tenido en cuenta, (ver objetivos 1.1-1.4), en este trabajo para analizar la calidad de los argumentos.

## METODOLOGÍA

La investigación se realizó con estudiantes de primer curso de Grado en Ingeniería en la Universidad del País Vasco. La totalidad de los estudiantes habían cursado con anterioridad dos años de estudios de física en el Bachillerato (16-18 años) y abordaban su primer curso de Física para ingenieros.

Estos estudiantes recibieron 2 horas de clase magistral, 1 hora de clase de problemas y 2 horas de laboratorio o seminario (alternativamente) por semana, durante 15 semanas en el área de mecánica (primer semestre) y otras 15 semanas en el área de electromagnetismo (segundo semestre). Las clases las impartieron profesores del departamento de Física con amplia experiencia docente e investigadora y se utilizaron los libros de texto habituales para las clases magistrales y para la resolución de problemas de final del capítulo, abarcando el mismo programa para todos ellos.

En el estudio que se describe en este artículo tomaron parte un número total de 160 estudiantes de primer curso de Ingeniería distribuidos en 2 clases con entre 80 y 90 estudiantes por clase magistral, entre 40 y 45 en clase de problemas y entre 20 y 25 en seminarios y laboratorio.

Para recabar datos, hemos pedido a los estudiantes que argumenten justificadamente, de manera individual y por escrito, si en las situaciones problemáticas I y II, presentadas en el cuadro 1, tiene lugar el fenómeno de inducción electromagnética. En los propios enunciados se incluyen preguntas relativas al dominio específico de las situaciones planteadas que buscan orientar las respuestas de los estudiantes hacia los aspectos más generales de un argumento científico: la explicación, la evidencia y el razonamiento.

Cuadro 1.  
Situaciones problemáticas propuestas

**Situación I)** Una varilla metálica de longitud  $l$  se hace girar con velocidad angular  $\omega$  constante en torno a un eje que pasa por su extremo O. Dicha varilla está inmersa en una región donde existe un campo magnético uniforme perpendicular al plano del papel y entrante, tal como se aprecia en la figura a.

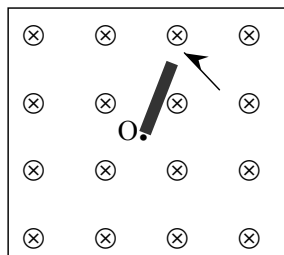


Figura a.

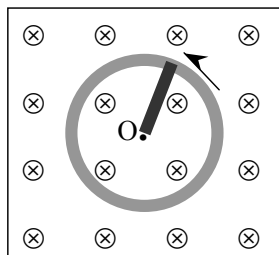


Figura b.

**Situación II)** Esa misma varilla metálica de longitud  $l$  se hace girar con velocidad angular  $\omega$  constante en torno a un eje que pasa por su extremo O, mientras que el otro extremo se apoya sobre una espira conductora circular de radio  $l$ . El sistema se encuentra inmerso en una región donde existe un campo magnético uniforme perpendicular al plano de la espira y entrante, tal como se aprecia en la figura b.

Con objeto de analizar la aparición del fenómeno de inducción electromagnética, si éste se produjera, en cada una de las situaciones anteriores, I y II, indica, sin resolver matemáticamente:

- Si se induce fuerza electromotriz en la barra conductora.
- Qué ley(es), qué principio(s) hay que tener en cuenta para explicar si hay o no fuerza electromotriz inducida.
- Qué suceso, de los que se describen explícitamente en el enunciado, es la causa de que se produzca fuerza electromotriz inducida, si se produjese.
- A qué da lugar el suceso descrito en el apartado anterior para que, finalmente, apareciera una fuerza electromotriz inducida, en el caso de que ésta apareciese.

En cualquiera de las situaciones I y II presentadas, la causa de que se produzca el fenómeno inducción electromagnética en la barra conductora es que el conductor se encuentra en movimiento en el interior de un campo magnético independientemente de que la barra se apoye o no en una espira conductora. Este movimiento da lugar a un área barrida por el conductor, de manera que el flujo a su través varía con el tiempo, lo cual, según la Ley de Faraday, origina una fuerza electromotriz inducida en el conductor. Es también posible interpretar el fenómeno considerando que sobre las partículas cargadas del conductor, como consecuencia de su movimiento en el interior del campo magnético, se produce una fuerza magnética (Ley de Lorentz) que da lugar a una redistribución de cargas causante, en primera instancia, de la fuerza electromotriz.

Tabla 1.  
Criterios específicos de valoración de la calidad de los argumentos  
correspondientes a la situación problemática I y situación problemática II

SITUACIÓN I y II		
Explicación apropiada	2	Indicar que sí se produce fuerza electromotriz inducida en las dos situaciones
	1	Indicar que sólo se produce fuerza electromotriz inducida en una de las dos situaciones
	0	Indicar que no se produce fuerza electromotriz inducida en ninguna de las dos situaciones
Calidad conceptual de la explicación	2	Tener en cuenta la ley de Faraday y la ley de Lorentz en cada situación
	1	Tener en cuenta la ley de Faraday o la ley de Lorentz en cada situación
	0	No tener en cuenta ninguna de las leyes anteriores
Calidad de la evidencia	2	Indicar que la causa de que aparezca una fuerza electromotriz inducida es que el conductor se encuentra en movimiento en el interior de un campo magnético estacionario, se apoye o no en la espira conductora (inducción electromagnética en las dos situaciones)
	1	Indicar que la causa de que aparezca una fuerza electromotriz inducida es que el conductor se encuentra en movimiento en el interior de un campo magnético estacionario, sólo en una de las dos situaciones
	0	No indicar que la causa de que aparezca una fuerza electromotriz inducida es que el conductor se encuentra en movimiento en el interior de un campo magnético estacionario o indicar alguna otra causa de que aparezca, o no, una fuerza electromotriz inducida.
Suficiencia del razonamiento	2	Razonar que el movimiento del conductor en el interior del campo magnético da lugar a una variación de flujo a través del área barrida por él y, en consecuencia, se induce una fuerza electromotriz y razonar que ese movimiento da lugar a una fuerza magnética inicial sobre las cargas del conductor y, en consecuencia, se induce una fuerza electromotriz
	1	Explicitar uno de los dos razonamientos anteriores
	0	No explicitar ninguno de los dos razonamientos anteriores

Inspirados en el planteamiento de Sampson et al. (2011), plantearemos, para cada uno de los cuatro aspectos de referencia que empleamos con objeto de medir la calidad de los argumentos emitidos, (lo apropiado de la explicación, la calidad conceptual de la explicación, la calidad de la evidencia y la suficiencia del razonamiento) un sistema de puntuación en escala de 0 a 2, en función de unos determinados parámetros específicos ajustados a la situación problemática (ver Tabla 1). Posteriormente, las puntuaciones obtenidas en los cuatro aspectos anteriores, se combinan para dar lugar a la puntuación que corresponde al argumento emitido. Como resultado, a cada argumento le corresponde un valor comprendido entre 0 y 8, de tal manera que los marcadores más elevados representan argumentos de mayor calidad.

Los datos han sido recogidos, una vez impartida la materia, y en situación de examen, de manera que quede garantizado el interés de los estudiantes por la tarea. En consecuencia, la resolución por escrito de problemas de física ha sido, en este estudio, el principal instrumento utilizado como fuente de datos.

## CONCLUSIONES

En cuanto a los *resultados* obtenidos, debemos subrayar que las respuestas de los estudiantes han sido analizadas por dos de los autores de la investigación. De cara a medir el consenso alcanzado entre ellos, se calculó el coeficiente de fiabilidad de Kappa Cohen y se obtuvo un valor del 0,89, lo que indicaba una muy buena concordancia en los criterios de ambos.

---

De las diferentes formas con las que se pueden mostrar los datos relevantes del citado análisis, vamos a destacar dos; la media ponderada obtenida por el conjunto de estudiantes, para cada uno de los cuatro aspectos estudiados y para las dos situaciones; la suma de dichas medias:

- Explicación apropiada: 0'8 (sobre un máximo de 2)
- Calidad conceptual de la explicación: 0'95 (sobre un máximo de 2)
- Calidad de la evidencia: 0'35 (sobre un máximo de 2)
- Suficiencia del razonamiento: 0'18 (sobre un máximo de 2)

En consecuencia, la suma de las medias de todos los aspectos, para todos los estudiantes y las dos situaciones, sería de aproximadamente: 2'3 sobre un máximo de 8. De estos resultados se podría concluir que los argumentos de los estudiantes son de insuficiente calidad, sobre todo en lo que se refiere al razonamiento empleado.

En este sentido, incluimos a modo de ejemplo, dos de las respuestas de los estudiantes a las situaciones planteadas:

- Estudiante A (Situación I): “No aparece ‘fem’ en la barra pues no hay variación de flujo a través de la superficie de la barra y por lo tanto, según Faraday,  $\epsilon = 0$ ”
- Estudiante B (Situación II): “En la situación II sí se induce fuerza electromotriz en la barra y en la espira circular pues existe un flujo magnético a través de dicha espira circular cerrada, así que según Faraday, existirá una fem”.

En relación a los cuatro aspectos de la Tabla 1, se interpreta que,

- El argumento esgrimido por el estudiante A presenta: una explicación inapropiada (no existe fem); una pobre calidad conceptual pues solo se basa en Faraday, y además de forma incorrecta; la evidencia que contempla resulta de baja calidad ya que no se basa en el movimiento de la barra y su razonamiento es insuficiente, pues considera el flujo a través del área de la barra.
- El argumento del estudiante B supera al emitido por el estudiante A en que da una explicación apropiada para el caso de la barra (hay fem), aunque inapropiada para la espira circular, sin embargo, reproduce las mismas incoherencias en la calidad conceptual y en la evidencia, y presenta otro razonamiento inadecuado al considerar el flujo a través de la espira.

A la vista de los resultados obtenidos, podríamos decir, a manera de conclusión que, de forma análoga a lo que la investigación empírica postula, (Sandoval & Millwood, 2005), los estudiantes no razonan adecuadamente la relación entre las evidencias y las explicaciones, es decir, éstas no se encuentran validadas por la coherencia de sus justificaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- JIMÉNEZ-ALEXANDRE, M. P. & ERDURAN, S. (2007). Argumentation in Science Education: An Overview. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Alexandre (Eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp.3 –28). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- OSBORNE, J. (2002). Science without literacy: A ship without a sail? *Cambridge Journal of Education*, 32, 203 – 215.
- OSBORNE, J., ERDURAN, S., & SIMON, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994 – 1020.

- 
- SAMPSON, V., J. GROOMS, & J.P. WALKER (2011). Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Students Learn How to Participate in Scientific Argumentation and Craft Written Arguments: An Exploratory Study. *Science Education*, 95, 217 – 257.
- SANDOVAL, W. A., & MILLWOOD, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23–55.
- TOULMIN, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.